

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000082610 A**(43) Date of publication of application: **21.03.00**

(51) Int. Cl

H01F 1/08
H01F 41/02
// C22C 38/00

(21) Application number: **10267336**(22) Date of filing: **03.09.98**(71) Applicant: **SUMITOMO SPECIAL METALS
CO LTD**(72) Inventor: **YAMAMOTO HITOSHI**

**(54) HIGH ELECTRIC RESISTIVITY RARE EARTH
PERMANENT MAGNET AND ITS
MANUFACTURE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an RTB magnet for suppressing the generation of excess currents such as an RTB magnet whose electric resistance is made two times higher or more than that of a conventional permanent magnet, or an RTB magnet having an inclined function whose electric resistivity is changed to the magnetizing direction of the permanent magnet, and a method for manufacturing this RTB magnet.

SOLUTION: A rare earth oxide with a relatively small mean grain size is mixed and stirred in material powder

for a normal high performance RTB magnet with a required mean grain size, and then this is molded and sintered so that a structure in which the rare earth oxide is contained in the crystal grain boundary of a magnet alloy structure can be obtained. Thus, electric resistivity which is two times higher or more than that of a conventional RTB magnet can be obtained. For example, it is possible to obtain a laminated structure by using alloy powder containing the oxide only to the surface, to apply any insulating film to the surface in a following process for reducing excess currents, and to manufacture this RTB magnet in a normal magnet manufacturing process without adding any process.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-82610
(P2000-82610A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 F 1/08		H 0 1 F 1/08	B 5 E 0 4 0
41/02		41/02	G 5 E 0 6 2
// C 2 2 C 38/00	3 0 3	C 2 2 C 38/00	3 0 3 D

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-267336

(22) 出願日 平成10年9月3日 (1998.9.3)

(71) 出願人 000183417

住友特殊金属株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

(72) 発明者 山本 日登志

東京都豊島区高田三丁目13番2号 高田馬場T Sビルディング 住友特殊金属株式会社東京本社内

(74) 代理人 100073900

弁理士 押田 良久

Fターム(参考) 5E040 AA04 BD01 CA01 HB03 NN06
NN17

5E062 CD04 CE04 CG01

(54) 【発明の名称】 高電気抵抗率希土類永久磁石とその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 電気抵抗を従来の永久磁石に比較して2倍以上に高めたR T B系磁石や、永久磁石の磁化方向に電気抵抗率を変化させた傾斜機能を有するR T B系磁石など、渦電流の発生を抑制できるR T B系磁石とその製造方法の提供。

【解決手段】 所要の平均粒度となした通常の高性能R T B系磁石用原料粉末に、比較的平均粒度の小さな希土類酸化物を混合攪拌した後、成形、焼結することにより、磁石合金組織の結晶粒界に希土類酸化物が含有される組織となり、従来のR T B系磁石の2倍以上の電気抵抗率が得られ、例えば、表層のみにこの酸化物を含有する合金粉末を用いて積層構造となして、渦電流を低減するために後工程で表面に絶縁皮膜を塗布する必要がなく、追加の工程がなく、通常の磁石製造工程で製造できる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 希土類（但しYを含む）と遷移金属とボロンを主成分とするRTB系磁石合金組織の結晶粒界に少なくとも1種の希土類酸化物あるいはさらに少なくとも1種のセラミックスを含有した高電気抵抗率希土類永久磁石。

【請求項2】 請求項1において、含有する希土類酸化物量あるいはさらにセラミックス量が磁化方向に増加して同方向に電気抵抗が増加する傾斜機能を有する高電気抵抗率希土類永久磁石。

【請求項3】 希土類（但しYを含む）と遷移金属とボロンを主成分とするRTB系磁石合金の所要部に、RTB系磁石合金組織の結晶粒界に希土類酸化物を含有した高電気抵抗を有する磁石層を有する高電気抵抗率希土類永久磁石。

【請求項4】 請求項3において、高電気抵抗を有する磁石層がRTB系磁石の表層に設けられた高電気抵抗率希土類永久磁石。

【請求項5】 請求項1または請求項3において、希土類酸化物あるいはさらにセラミックスを総量で0.5重量%以上を含有する高電気抵抗率希土類永久磁石。

【請求項6】 希土類（但しYを含む）と遷移金属とボロンを主成分とする平均粒径が $2\sim 8\mu\text{m}$ のRTB系磁石合金粉末に、平均粒径が $0.05\sim 4\mu\text{m}$ の少なくとも1種の希土類酸化物粉末あるいはさらに少なくとも1種のセラミックス粉末を混合攪拌した後、成形、焼結する高電気抵抗率希土類磁石の製造方法。

【請求項7】 請求項6において、希土類酸化物あるいはさらにセラミックスを総量で0.5重量%以上添加する高電気抵抗率希土類磁石の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、モータなどに使用する希土類（但しYを含む）と遷移金属とボロンを主成分とする高性能希土類磁石（以下RTB系磁石という）の改良に係り、RTB系磁石本来の高性能特性に加えて電気抵抗率を高め、モータなどに使用した際の渦電流の発生を低減した高電気抵抗率希土類永久磁石とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電機機器用モータ、発電機の小形、軽量化、高効率化、省エネルギー化の流れからRTB系磁石を使用した構成が採用されてきた。また同様の理由により、電気自動車のモータや発電機にも使われている。

【0003】RTB系磁石は、遷移金属を主成分とする金属間化合物から構成される金属系の磁石であるため、その電気抵抗は本質的に低いために磁石内部に渦電流が発生しやすく、渦電流に伴う発熱による磁気特性や効率低下の原因となっている。

【0004】そこで一般的には、モータの鉄心材料、例えば珪素鋼板のように、最終的な磁石形状に加工した後、磁石表面に絶縁皮膜を塗布することにより、渦電流を低減する対策が採られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の絶縁皮膜は、磁石表面のみを絶縁するため、使用分野、用途、使用条件に対応できない問題があった。

【0006】一方、RTB系磁石自体の組成などの変更によって電気抵抗率を高めると、磁気特性が低下するため、RTB系磁石自体の改良により、電気抵抗率を高めるための構成や手段は提案されていなかった。

【0007】例えば、モータ用の磁石の場合、磁界が作用する空隙側のみでも電気抵抗率が高いと渦電流の発生を抑制できると予測されるが、従来、かかる磁石の容易磁化方向に電気抵抗率の傾斜機能を持つRTB系磁石に関して、何らの提案もされていなかった。

【0008】この発明は、上述したYを含む希土類元素から選ばれた少なくとも1種の希土類元素RとボロンBを含有して残余主体が遷移金属（但し遷移金属量の50%までCoで置換可能）からなるRTB系磁石の電気抵抗率に関する問題点に鑑み、電気抵抗を従来の永久磁石に比較して2倍以上に高めたRTB系磁石や、永久磁石の磁化方向に電気抵抗率を変化させた傾斜機能を有するRTB系磁石など、渦電流の発生を抑制できるRTB系磁石とその製造方法の提供を目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】発明者は、RTB系磁石自体の電気抵抗率を高くできる構成を目的に結晶組織について種々検討した結果、所要の平均粒度となした通常の高性能RTB系磁石用原料粉末に、比較的平均粒度の小さな希土類酸化物を混合攪拌した後、成形、焼結することにより、磁石合金組織の結晶粒界に希土類酸化物が含有される組織となり、従来のRTB系磁石の2倍以上の電気抵抗率が得られることを知見した。

【0010】また、発明者は、上記の希土類酸化物を含有するRTB系磁石において、例えば、希土類酸化物量が磁石中心から表層へと増加するように含有量を変えた成形体を作製してこれを焼結することにより、磁石中心から表層方向へ電気抵抗が増加する傾斜機能を有するRTB系磁石が得られること、さらに通常のRTB系磁石原料の上にこの発明による高電気抵抗率のRTB系磁石原料を載せて成形体を作製してこれを焼結することにより、磁石の表層部のみが高電気抵抗率を有した、モータ用の最適磁石が得られることを知見した。

【0011】さらに発明者は、上記の希土類酸化物を含有するRTB系磁石において、酸化物量に比例して電気抵抗を高めることができ、また希土類酸化物の代替としてアルミナ、マグネシア、カルシア等の酸化物セラミックスを含有させることが可能で、例えば、周速度に比例

して渦電流が発生する問題がある永久磁石式の高速発電機の回転子などに利用できることを知見し、この発明を完成した。

【0012】

【発明の実施の形態】希土類元素（但しYを含む）Rは、組成の10原子%～30原子%を占めるが、Nd, Pr, Dy, Ho, Tbのうち少なくとも1種、あるいはさらに、La, Ce, Sm, Gd, Er, Eu, Tm, Yb, Lu, Yのうち少なくとも1種を含むものが好ましい。また、通常Rのうち1種をもって足りるが、実用上は2種以上の混合物（ミッシュメタル、シジウム等）を入手上の便宜等の理由により用いることができる。なお、このRは純希土類元素でなくてもよく、工業上入手可能な範囲で製造上不可避な不純物を含有するものでも差し支えない。

【0013】Rは、上記系磁石粉末における必須元素であって、10原子%未満では結晶構造が α -鉄と同一構造の立方晶組織となるため、高磁気特性、特に高保磁力が得られず、30原子%を超えるとRリッチな非磁性相が多くなり、残留磁束密度(B_r)が低下してすぐれた特性の永久磁石が得られない。よって、Rは、10原子%～30原子%の範囲が望ましい。

【0014】ボロンBは、上記系磁石粉末における必須元素であって、2原子%未満では菱面体構造が主相となり、高い保磁力(iH_c)は得られず、28原子%を超えるとBリッチな非磁性相が多くなり、残留磁束密度(B_r)が低下するため、すぐれた永久磁石が得られない。よって、Bは2原子%～28原子%の範囲が望ましい。

【0015】遷移金属、特にFeは、上記系磁石粉末において必須元素であり、65原子%未満では残留磁束密度(B_r)が低下し、80原子%を超えると高い保磁力が得られないので、Feは65原子%～80原子%の含有が望ましい。Feの一部をCoで置換することは、得られる磁石の磁気特性を損なうことなく、温度特性を改善することができるが、Co置換量がFeの20%を超えると、逆に磁気特性が劣化するため、好ましくない。Coの置換量がFeとCoの合計量で5原子%～15原子%の場合は、(B_r)は置換しない場合に比較して増加するため、高磁束密度を得るために好ましい。

【0016】上記の主要成分の他、工業的生産上不可避の不純物の存在を許容でき、例えばC, P, S, Cuなど、さらにはAl, Ti, V, Cr, Mn, Bi, Nb, Ta, Mo, W, Sb, Ge, Ga, Sn, Zr, Ni, Si, Zn, Hfのうち少なくとも1種は、磁石粉末に対してその保磁力、減磁曲線の角型性を改善あるいは製造性の改善、低価格化に効果があるため添加することができる。特に、磁気特性を高めるために少量の添加元素としてCo, Al, Si, Mo, Ta, Wを添加したり、耐食性を向上させるためにBの一部をCで置換

することも有効である。

【0017】磁石用原料には、所要のR-Fe-B系合金を溶解し、鑄造後に粉砕する溶解粉砕法、Ca還元にて直接粉末を得る直接還元拡散法、所要のR-Fe-B系合金を溶解ジェットキャスターでリボン箔を得てこれを粉砕・焼鈍する急冷合金法、所要のR-Fe-B系合金を溶解し、これをガスアトマイズで粉末化して熱処理するガスアトマイズ法、所要原料金属を粉末化したのち、メカニカルアロイングにて微粉末化して熱処理するメカニカルアロイ法及び所要のR-Fe-B系合金を水素中で加熱して分解並びに再結晶させる方法(HDDR法)などの各種製法で得た等方性、異方性粉末が利用できる。

【0018】この発明によるRTB系磁石の製造方法については、R-Fe-B系磁石合金粉末に希土類酸化物粉末を混合攪拌した後、成形、焼結する通常の粉末焼結法を用いる。上記希土類元素Rと遷移金属T、ボロンBを主成分とする合金粉末に混合する酸化物としては1種類以上の希土類酸化物またはアルミナ、マグネシア、カルシア等のセラミックス酸化物を用いる。

【0019】この発明において、希土類酸化物とその他の酸化物は単独または混合して用いることも可能である。酸化物はその含有量に比例して電気抵抗を高めることができるため僅かな量で抵抗値の上昇が可能であるが、実用上、0.5重量%以上含むことが望ましく、さらに、電気抵抗を高める必要のある用途には1.5%以上が望ましい。特殊用途の永久磁石式高速発電機の用途の場合は2%以上の酸化物の混合が有効である。

【0020】この発明において、酸化物である希土類酸化物、セラミックスの平均粒度は、0.05～4 μ mが好ましく、0.05 μ m未満では焼結工程で主相と反応して、酸化物境界相を形成せず、また4 μ mを超えると焼結密度が上がらず所望の磁気特性が得られない。特に好ましい範囲は0.1～2 μ mである。

【0021】RTB系磁石合金粉末の平均粒径は、2 μ m未満では、粉砕、プレス、焼結工程での酸化が著しく焼結密度が上昇しないため、磁気特性が劣化し、また8 μ mを超えると、焼結工程で十分な焼結密度が得られず、磁気特性が劣化するため、平均粒径は2～8 μ mが好ましい。さらに好ましい範囲は3～6 μ mである。

【0022】この発明において、上記酸化物を含有するこの発明の焼結磁石は、混合する酸化物との反応を抑制し、かつ所望の磁気特性を得るため、焼結温度を従来の希土類磁石より少し低い焼結温度で焼結する必要がある。従来のR, T, B3元の主成分の合金のみでの通常焼結温度が、例えば1120℃である場合、1090℃近傍での焼結が最適である。

【0023】この発明において、酸化物を含有するために焼結密度を低く設定することから、磁気特性はRTB系磁石合金のみ場合よりも若干低下するが、実用的には

最大エネルギー積が $(BH)_{\max} = 25 \sim 38 \text{ MGOe}$ レベルのものが製造可能である。

【0024】この発明によるRTB系磁石の電気抵抗率は、酸化物の配合量、混合方法、焼結温度等を適宜選定することにより、所望の値を得ることができるが、実用的には希土類酸化物等を含有しない通常のRTB系磁石合金のみ電気抵抗率の1.3倍以上さらには2倍以上が望ましい。特殊な用途として回転数が40000rpm以上の超高速発電機、電動機ではさらに3倍以上が必要である。

【0025】この発明によるRTB系磁石において、高電気抵抗率を有する特徴を生かすために、含有酸化物の濃度勾配いわゆる傾斜組成を形成させることも有効である。すなわち、添加する酸化物の組成濃度が異なる数種類の合金粉末を作成し、粉末のプレス成形時に各粉末を磁化方向（NS方向）に層状に金型内に充填することにより、焼結後の磁石が酸化物組成量の傾斜機能構造、例えば磁化方向に変化、表層側へ電気抵抗率が高くなる傾斜機能を持たせることができる。

【0026】また、この発明において、粒度の大きい合金粉末や希土類またはボロン量の多い組成の合金粉末を用いて電気抵抗率が高くなる、粒度及び／又は組成の異なる合金粉末を用いて電気抵抗率を変化させる手段と、含有酸化物の濃度を変化させる手段とを併用して、種々の用途に対応させることが可能である。

【0027】このように酸化物の組成濃度が異なる合金粉末を利用することにより、得られた磁石の焼結後の密度が異なるかあるいは酸化物組成配合比率の違いにより当該箇所の電気抵抗率が異なり、傾斜機能構造をもつ永久磁石を作成できる。表層あるいは所要箇所のみ電気抵抗率を高めたり、電気抵抗率の高い層と通常の低い層とを交互に積層したり、用途により位置、傾斜層の厚み、構成など適宜選定することができる。高速発電機、高速永久磁石同期機では通常は傾斜層の厚みは1～15mm、好ましくは2～10mmである。

【0028】例えば、この、電気抵抗率の高い層や傾斜層は、通常、渦電流の発生する磁気回路の空隙側、モータでいうとロータとステータの間の空隙に面する側のみでよいが、モータの構造によっては磁石の両面に形成させた構成も有効である。

【0029】

【実施例】実施例1

27.5wt%Nd-3.5wt%Dy-1.2wt%B-0.2wt%Si-0.4wt%Al-0.6wt%W-balFeの組成の合金を真空溶解にて作成し、ボールミル粉碎により2.9μmに粉碎した粉末に、2.8wt%のNd₂O₃の酸化物をロッキングミキサーにて混合し、得られた粉末をプレス成型した後、高純度アルゴン雰囲気中で1040℃×3hr焼結し、580℃×3hrで熱処理して焼結磁石を作成した。

【0030】比較例として、27.5wt%Nd-3.5wt%Dy-1.2wt%B-0.2wt%Si-0.4wt%Al-0.6wt%W-balFeの組成の合金を真空溶解にて作成し、ボールミル粉碎により2.9μmの粉碎粉末を作成し、プレス成型して高純度アルゴン雰囲気中で1100℃×3hr焼結し、580℃×3hrで熱処理して焼結磁石を作成した。

【0031】実施例1と比較例の焼結磁石を四端子法で電気抵抗と(BH)トレーサにて磁気特性を測定し、その測定結果を表1に示す。実施例1に示す如く、この発明の焼結磁石は、磁気特性は若干低下するものの電気抵抗率が大幅に上昇したことがわかる。

【0032】実施例2

27.5wt%Nd-3.5wt%Dy-1.2wt%B-0.2wt%Si-0.4wt%Al-0.6wt%W-balFeの組成の合金粉末と、この合金粉末に3.5wt%のNd₂O₃の酸化物を混合した酸化物添加合金粉末の2種のRTB系合金粉末を用い、酸化物の内合金粉末層を6mm厚みの母層としてその両面に各1mm厚みの酸化物添加合金粉末層を配置した3層構造の板状成形体を成形し、高純度アルゴン雰囲気中で1080℃×3hr焼結し、580℃×3hrで熱処理して焼結磁石を作成した。

【0033】実施例1同様に焼結磁石を四端子法で電気抵抗と(BH)トレーサにて磁気特性を測定し、その測定結果を表1に示す。実施例1に示す如く、この発明の焼結磁石は、磁気特性は若干低下するものの電気抵抗率の大幅に上昇したことがわかる。

【0034】

【表1】

	電気抵抗 ×10 ⁻⁸ Ω・m	(BH) _{max} (MGOe)	Br (kG)	iHc (kOe)
実施例1	12.5	33.5	1.20	15.1
実施例2	14.8	31.2	1.16	14.0
比較例	1.4	36.0	1.28	17.6

【0035】

【発明の効果】この発明によるRTB系磁石は、希土類

磁石の高い磁気特性は適度に維持ながら磁石そのものの電気抵抗率を著しく高めて高速発電機、高速永久磁石式

同期機等の用途に適する高電気抵抗率を磁石全体、または表層などの所要箇所、さらに磁化容易方向に電気抵抗率の勾配を持たせることが可能で、渦電流の発生を低減できる効果を有している。

【００３６】一般的には、モータの鉄心材料、例えば珪素鋼板のように後工程で表面に絶縁皮膜を塗布すること

により渦電流を低減する対策が採られているが、この発明では、後工程の絶縁処理をするなどの追加の工程がなく、通常の磁石製造工程で製造でき、また、磁石自身の電気抵抗を高め、用途によってはさらに傾斜機能を付加することにより、使用分野、用途、使用条件により種々の付加機能を具現できる利点がある。